第44卷 第4期
2001年11月
昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA
Vol.44, No.4
Nov., 2001

昆虫寄生对辽东栎种子命运的影响

于晓东，周红章*，罗天宏，何君舰，张知彬
（中国科学院动物研究所，北京 100080）

摘要：报道了昆虫寄生对辽东栎 *Quercus liaotungensis* 种子命运的影响。结果表明：（1）被昆虫寄生的种子发芽率明显低于正常成熟的种子，被昆虫寄生的种子或者不能发芽，或者能发芽但随后死亡；（2）从虫卵到老龄幼虫的发育在橡实内完成，当橡实落地后幼虫破壳而出，整个种子库的幼虫破壳时间延续2~50天，并非高度同步化；种子库的虫寄生率高达45.4%，以柞栎象 *Curculio dentipes* 为主，还有少量其它种类，如另一种象虫 *Curculio* sp.、栗白小卷蛾 *Cydia kurokoi* 和螟蛾科（Pyralidae）的一未定名种；（3）昆虫寄生影响橡实成熟，测量种子大小分布表明，被昆虫寄生的种子的大小分布介于未成熟和成熟种子之间；（4）象虫寄生取食引起16.05%的种子能量损失，显著低于对照组。结果证明昆虫寄生对辽东栎种子的命运有重要影响，是影响辽东栎种群更新的关键因素之一。

关键词：辽东栎；种子；昆虫寄生；柞栎象；栗白小卷蛾
中图分类号：Q968.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296（2001）04-0518-07

辽东栎 *Quercus liaotungensis* 是我国暖温带落叶阔叶林的优势树种之一，分布于黄河流域和辽东半岛等广大地区。北京西部的东灵山地区接近其分布区的中心。据以往研究及野外调查发现，尽管每年有大量种子散落，但在辽东栎林内，种群更新主要依赖于萌生苗，实生苗极少，原因可能是多方面的[1]。结合栎属其它树种研究，一般认为，地表覆盖物和动物搬运取食可能是决定种子能否长成幼苗的主要因素[2~6]。营养丰富的栎属植物种子对昆虫有极强的吸引力，经常受到昆虫侵害。*Q. agrifolia* 种子内的寄生昆虫主要为美国榛实象 *Curculio occidentis* 和榛小卷蛾 *Cydia latiferreana*，寄生率达38%[7]；*Q. serrata* 的种子寄生者有柞栎象 *Curculio dentipes*、*Poecilips cardamomi*、*Mechoris ursulus*、*Kobuzo retictirostris* 等[8]；此外，其它栎属树的种子也常被昆虫侵害，如象虫属 *Curculio* sp.、瘿蚊属 *Clinodiplosis* sp.、无翅瘿蜂属 *Callirhytis* sp.、小卷蛾属 *Cydia* sp. 等，寄生率可以高达80%，甚至90%[9~12]。Crawley 等[3]研究 *Q. robur* 种子库动态时强调，动物的取食和林内地表覆盖物是影响幼苗生存的主要因素，同时也指出昆虫寄生的影响不能忽略，昆虫寄生引起的种子死亡率有时高达30%~90%。所以，在探讨辽东栎种群更新时，在注重鼠类和鸟类对种子命运的影响时，昆虫寄生也是不能忽视的因素，否则将影响研究结果的整体说服力。

目前，关于辽东栎种子与昆虫寄生的研究不多，往往强调昆虫生活史研究[13~17]。这些研

基金项目：科技部国家重点基础发展规划项目（G2000046801）和国家自然科学基金重大项目（39893360）资助
* 通讯作者 E-mail：zhouhz@panda.ioz.ac.cn
收稿日期：1999-12-13；接受日期：2000-06-25

究中虽然也提到昆虫对种子寄生取食，但没有明确研究寄生对种子生长发育的影响。关于辽东栎种子命运对种群更新影响的一些研究[1, 18, 19]，对昆虫寄生的影响并无深入探讨，也没能较准确地估计昆虫寄生对种子库的影响。鉴于橡实内昆虫寄生率较高的特点，我们在北京东灵山区（小龙门林场）选取辽东栎成熟林进行种子野外采集，在实验室内进行分类、测量和数据的采集分析。研究重点是（1）辽东栎种子的昆虫寄生率；（2）昆虫寄生对辽东栎种子发芽的影响；（3）昆虫寄生与辽东栎种子成熟的关系；（4）昆虫寄生与种子的重量损耗。

1　材料与方法

1.1　种子采集

北京地区，辽东栎的果期为每年 9 ~ 10 月份，9 月 20 日前后种子雨达到高峰。我们选择北京小龙门林场附近地区（115°26′E，39°58′N）的辽东栎成熟林，于每年的 9 月 23 ~ 24 日完成野外种子采集。采集中，随机设置地面样方 120 个，每个样方面积为 1 m × 1 m，收集样方内的所有种子。主要实验在 1998 ~ 1999 年两个年度内完成，共采集 4 638 颗种子进行统计。在采集当天和其后两天，重复检查种子，按种子有无寄生（以有无虫孔为标志）和种子是否成熟进行数据统计，为了提高精确度，由三个人分别重复检查，消除人为因素的影响。

1.2　寄生与种子发芽

将近半数采集种子（2000 颗）放在实验室的白瓷盘内，通过洒水的方式保持种子的相对湿度，尽量保证在自然状态下促使种子发芽，统计各测量组（有无寄生和是否成熟）的种子发芽率。

1.3　种子的虫寄生率测定

通过幼虫破种壳而出的钻孔，确定种子的虫寄生率；由于整个种子库的昆虫破壳时间不一样，有一定的延续过程，所以这部分实验自第一天开始一直持续观察，直到钻孔不再增加为止（约 2 个月左右），并最终解剖种子进行证实，记录最终观察结果。

1.4　昆虫寄生对种子成熟及种子大小的影响

根据种子的饱满程度、大小、颜色及有无虫孔等特征，将所有种子按成熟与未成熟、虫寄生与未被虫寄生 2 类方式分别进行统计；从未进行发芽实验的种子中随机选取成熟无虫寄生、未成熟无虫寄生和有虫寄生 3 类种子各 150 颗，用游标卡尺测量种子的直径和长度。

1.5　昆虫寄生与种子重量损耗

针对象虫幼虫的高寄生率及可能引起重量损失，从未进行发芽实验的种子内选取 100 颗可能被幼虫感染的种子，分别放置于胶卷盒中观察，在每一个象虫幼虫钻出种子时，对种子、种子与虫子一起、以及对照组种子用电子天平称重；称重是在幼虫钻出种子的 6 小时内完成；对照组为成熟完好的种子，与实验种子的自然条件完全一致，种子是否完好通过解剖确定。

1.6　统计分析

对寄生种子与完好种子的发芽率、成熟种子与未成熟种子的寄生率进行差异分析，用卡方检验完成显著性分析；采用 t 检验分析昆虫寄生引起的种子重量损失；采用 Kruskal-Wallis 检验（非参数检验一种：用于检验多个样本在中位数上是否有差异存在），分析完好种子、虫寄生种子以及未成熟种子之间的大小分布模式，确定它们之间是否有差异；统计分析在计算

机软件 SPSS/PC+[20]的协助下完成。

2 结果

2.1 昆虫寄生与种子发芽率

实验证明，昆虫寄生不完全阻断辽东栎种子的发芽过程，但能降低种子库的发芽率。通过统计发现，整个种子库的发芽率为24.6%，其中被昆虫寄生的种子发芽率为15.9%，无虫寄生的种子发芽率为32.5%，二者间有显著性差异（$\chi^2 = 9.70$；$P < 0.01$）；当仅统计成熟种子时，被虫寄生的种子的发芽率为19.8%，未被虫寄生的种子发芽率为34.8%，两组之间也有显著性差异（$\chi^2 = 7.14$；$P < 0.01$）。

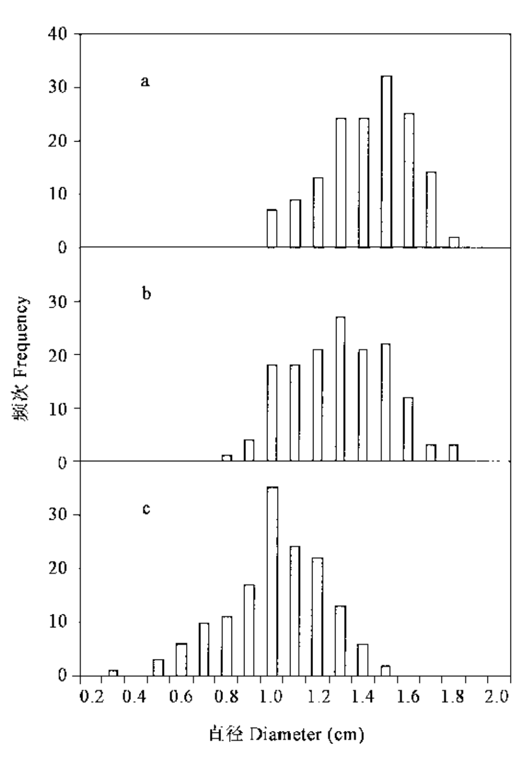


图1 三组辽东栎种子直径分布关系（Kruskal-Wallis 检验：$\chi^2 = 179.88$，$P < 0.01$）

Fig. 1 The distribution of acorn diameters in three groups（Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 179.88$，$P < 0.01$）

a. 完整成熟的种子 mature acorns not infested by insects; b. 被昆虫寄生的种子 acorns infested by insects; c. 未成熟且未被昆虫寄生的种子 immature acorns not infested by insects; 图2、图3同 The same for Fig. 2 and Fig. 3

2.2 昆虫寄生率

野外随机取样共得种子4 638颗，通过在采集当天和其后两天的检测，发现有1 123颗种子被昆虫寄生（寄生率为24.1%）。然后，将种子带回实验室继续观察，发现原来无虫孔的种子，即当时认为无昆虫寄生的种子，从第二天开始持续有大量幼虫钻出。经过约50天，又增加983颗被虫寄生的种子，种子的虫寄生率最终达45.4%。这说明昆虫在钻出所寄生种子的时间有明显的不同。

收集破壳而出的幼虫，在实验室内饲养至成虫，经鉴定发现寄生取食辽东栎种子的昆虫种类，以柞栎象 *Curculio dentipes* 的幼虫为主要危害者，数量约占所有寄生幼虫的70%以上，此外还有数量极少的另一种象虫 *Curculio* sp. 和两种蛾类，其一是卷蛾科的栗白小卷蛾 *Cydia kurokoi*，另一是螟蛾科（Pyralidae）的一未定名种（雌体，未能鉴定）。

2.3 昆虫寄生与种子成熟

2.3.1 成熟与未成熟种子的寄生率：根据分类统计，采集的4 638颗种子中，成熟种子有4 073颗，成熟率高达87.8%。成熟种子被昆虫寄生的比率为41.9%（1 705颗），未成熟种子（565颗）中寄生率达80.0%（401颗）。通过卡方检验，两类种子的昆虫寄生率有显著差异（$\chi^2 = 43.77$；$P < 0.01$），未成熟种子的寄生率更高。由此可见，昆虫寄生是影响种子成熟的一个重要因素。

2.3.2 昆虫寄生与种子大小的关系：图1至图3显示3组辽东栎种子大小的分布关系。可以看出，

完好成熟的种子、昆虫寄生的种子及未成熟种子（未被昆虫感染）之间的直径、长度以及体积分布都有显著差异，被昆虫寄生的种子大小分布介于成熟完整种子与未成熟种子之间。这说明昆虫寄生对种子生长成熟有一定影响。然而，有昆虫寄生的种子也能成熟，说明昆虫的寄生不完全阻止种子的生长和成熟。

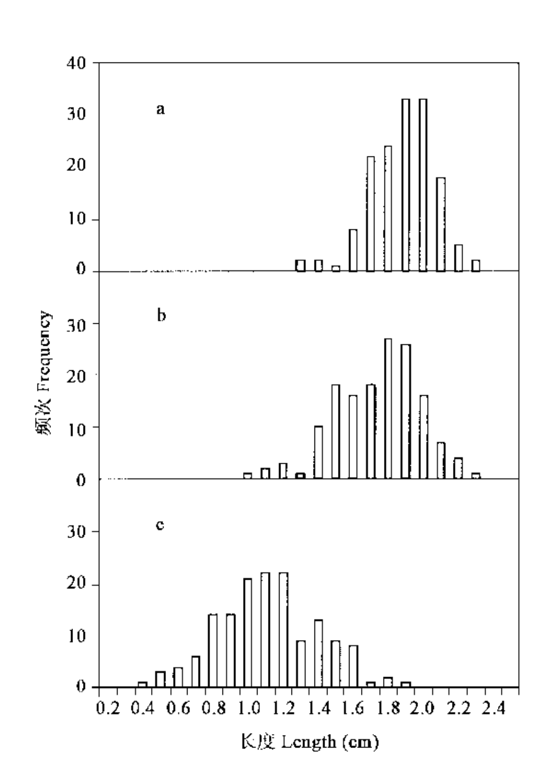


图 2　三组辽东栎种子长度分布关系

（Kruskal-Wallis 检验：$\chi^2 = 274.13$，$P < 0.01$）

Fig. 2　The distributions of acorn length in three groups（Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 274.13$，$P < 0.01$）

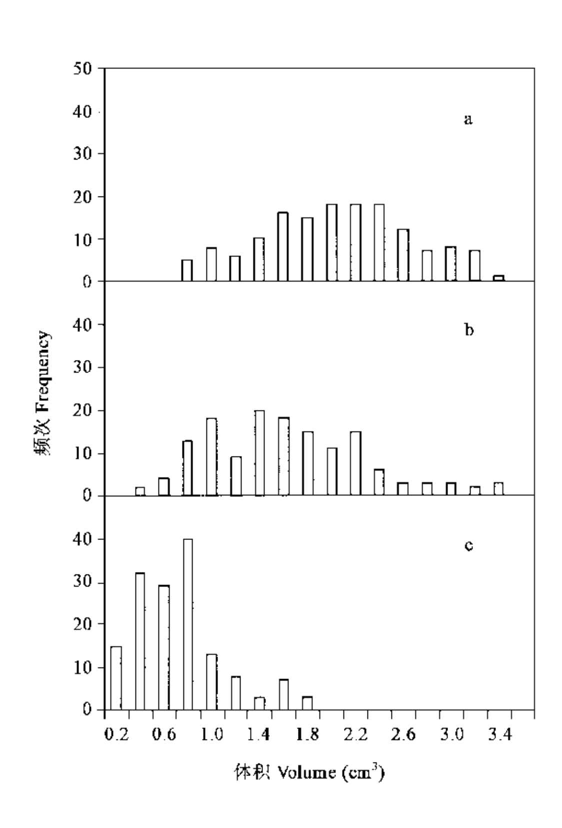


图 3　三组辽东栎种子体积分布关系

（Kruskal-Wallis 检验：$\chi^2 = 240.72$，$P < 0.01$）

Fig. 3　The distributions of acorn volume in three groups（Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 240.72$，$P < 0.01$）

2.4　象虫寄生对种子重量的影响

正常发育的辽东栎种子平均重量为 1.850 g（±0.059），有象虫寄生的种子为 1.553 g（±0.056），虫寄生造成种子重量减少 16.05%，显著低于对照组种子（$t = -3.65$，$P < 0.01$）。在有象虫寄生的种子中，每个种子中寄生幼虫的重量可达 69 mg（±6），占总重量的 4.4%。

3　讨论

辽东栎种群更新是中国北方地区森林与生态恢复、生物多样性保护研究的重要课题之一，野外实生苗缺乏一直是该研究的重要内容[21]。在以往的研究中，已证实脊椎动物的取食搬运

和地表覆盖物是影响辽东栎实生苗存在的重要因素[1, 18, 19]，但没能充分考虑昆虫寄生取食对辽东栎种子命运的影响。本研究结果说明，昆虫寄生可能是更为重要的因素，45.4%的种子受到昆虫的危害，失去最终发育成苗的能力。因此，在决定种子命运的一系列因子中，昆虫寄生具有同等重要的影响。

影响实生苗存在的关键因素之一是种子能否正常发芽。我们的野外观察和以前的研究都表明，辽东栎种子休眠期很短，只要小生境适宜，具备一定的温度和湿度条件，所有的成熟种子当年就能发芽；种子发芽的条件需求不高，在相对恶劣环境下，依然能维持很高发芽率，几乎所有辽东栎种子，都具有长成一个幼苗的潜力[1]。在实验中，我们分组测量发芽率，发现被昆虫寄生的种子发芽率显著低于未被寄生的种子，这可能是由于昆虫的寄生取食伤害了胚芽或胚根，使部分种子丧失发芽能力。然而，并不是所有被昆虫寄生的种子都不发芽，只要昆虫在种子内取食时不伤及关键的胚根或胚芽，实验中仍然可以看到种子发芽，Steele等[22]甚至认为，动物在取食橡实时有意识地避开高单宁水平的胚部，有助于提高种子的发芽率。然而，通过我们实验的继续观察发现，虽然有相当数量昆虫寄生的种子能达到成熟状态，但这些种子即使能发芽，不久也会大量死亡，不能长成幼苗。这可能有两方面原因，其一是被昆虫寄生侵食的种子内供发芽的能量被昆虫消耗了，难于持续支撑随后的生长；二是被昆虫寄生的种子壳受到破坏，极易受到霉菌等的侵入，最终腐烂死亡。以往关于栎属种子的研究也支持这一观点[23]。结果充分说明，昆虫寄生是降低辽东栎种子发芽及幼苗生长的重要因子。

关于昆虫对辽东栎种子的寄生率，我们的结果是45.4%，与国际上关于其它栎属树种研究的结论基本相近[3, 7]。国内的研究调查中昆虫寄生率较低[1, 24]，这种差异可能与调查方法和持续观察时间有关，但后者由于没有明确说明寄生率测定方法和持续观察时间，所以无法与我们的实验结果进行比较。

从种子命运角度看，鸟、兽取食搬运栎属种子与昆虫寄生有交叉作用。已有的研究结果显示，某些鸟、兽在取食搬运种子过程中，有选择好种子的倾向。例如，Dixon 等[25]发现，蓝鹊 *Cyanocitta cristata* 取食完好橡实的频次远高于被象虫幼虫寄生的橡实。假如这一现象同样适合于辽东栎，那么通过地面采集种子统计昆虫寄生率，得到的寄生率值就可能偏高。王巍等[19]发现，松鸦 *Garrulus glandarius* 经常直接取食辽东栎树上的种子，但没能证实松鸦是否可区分有无虫寄生的橡实。而另外一些研究提出了相反的证据，如 Horton 与 Wright[26]及 Weckerly 等[27]研究了暗足林鼠 *Neotoma fuscipes* 和北美灰松鼠 *Sciurus carolinesis* 对橡实的取食搬运，发现动物并不优先选择无昆虫寄生或有昆虫寄生的橡实；Semel 与 Andersen[28]的野外实验也证实，白足鼠 *Peromyscus leucopus* 对橡实的取食不受昆虫寄生的影响。如果接受这一类研究的结论，鸟、兽搬运取食就不会影响我们对昆虫寄生率的测量值。

综上所述，昆虫对辽东栎种子的寄生取食是影响辽东栎种群更新的一个重要因素。昆虫对辽东栎种子寄生率很高，影响种子发芽和实生苗的形成，从而直接威胁辽东栎种群的更新。

致谢 本项研究得到中国科学院植物研究所马克平研究员及其研究组成员的帮助，高贤明、于顺利博士大力协助辽东栎种子的采集与鉴定分类，王巍博士提供部分文献资料，中国科学院动物研究所武春生博士和张润志博士分别帮助鉴定蛾类和象虫标本，在此一并表示感谢。

参 考 文 献（References）

[1] 孙书存，陈灵芝. 东灵山地区辽东栎种子库统计. 植物生态学报，2000，24（2）：215～221

[2] Reader R J. Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species. J. Ecol.，1993，81：169～175

[3] Crawley M J，Long C R. Alternate bearing，predator satiation and seedling recruitment in *Quercus robur* L. J. Ecol.，1995，83：683～696

[4] Crawley M J. Seed predators and plant population dynamics. In：Fenner M ed. Seeds：The Ecology of Regeneration in Plant Communities，Wallingford：CAB International，1992. 157～191

[5] Kikuzawa K. Dispersal of *Quercus mongolica* acorns in a broad-leaved deciduous forest：2. scatterhoarding by mice. For. Ecol. Manage.，1988，25：9～16

[6] Kollmann J，Schill H P. Spatial patterns of dispersal，seed predation and germination during colonization of abandoned grassland by *Quercus petraea* and *Corylus avellana*. Vegetatio，1996，125：193～205

[7] Lewis V R. Within-tree distribution of acorns infested by *Curculio occidentis*（Coleoptera：Curculionidae）and *Cydia latiferreana*（Lepidoptera：Tortricidae）on the coast live oak. Environ. Entomol.，1992，21（5）：975～982

[8] Fujii S. Studies on acorn production and seed predation in *Quercus serrata*：growth，falling phenology，estimation of production，and insect seed predators. Bulletin of the Osaka Museum of Natural History，1993，47：1～17

[9] Gurnell J. Tree seed production and food conditions for rodents in an oak wood in southern England. Forestry（Eynsham），1993，66（3）：291～315

[10] Scutareanu P，Roques A. Insect damage to male catkins，female flowers and acorns of *Quercus* spp. in Romania. J. Appl. Entomol.，1993，115（4）：321～328

[11] Kelbel P. Damage to acorns by insects in Slovakia. Biologia（Bratislava），1996，51（5）：575～582

[12] Skuhravy V，Hrubik P，Skuhrava M *et al*. Occurrence of insects associated with nine *Quercus* species（Fagaceae）in cultured plantations in southern Slovakia during 1987-1997. J. Appl. Entomol.，1998，122（4）：149～155

[13] 赵养昌，陈元清. 中国经济昆虫志第二十册：鞘翅目象虫科（一）. 北京：科学出版社，1980. 161～164

[14] 方德齐，王桂欣. 麻栎象 *Curculio robustus* Roelofs. 见：萧刚柔主编（第二版）. 中国森林昆虫. 北京：中国林业出版社，1991. 578～579

[15] 于诚铭. 榛实象 *Curculio dieckmanni*（Faust）. 见：萧刚柔主编（第二版）. 中国森林昆虫. 北京：中国林业出版社，1991. 575～576

[16] 刘振陆. 剪枝栎实象 *Cyllorhynchites ursulus*（Roelofs）. 见萧刚柔主编（第二版）：中国森林昆虫. 北京：中国林业出版社，1991. 579～580

[17] 王化德，李桂和. 栗黑小卷蛾 *Cydia glandicolana*（Danil）. 见：萧刚柔主编（第二版）. 中国森林昆虫. 北京：中国林业出版社，1991. 817

[18] 王　巍，马克平. 岩松鼠和松鸦对辽东栎坚果的捕食和传播. 植物学报，1999，41（10）：1 142～1 144

[19] 王　巍，马克平，高贤明. 东灵山地区脊椎动物对辽东栎坚果捕食的时空格局. 植物学报，2000，42（3）：289～293

[20] Brosius G. SPSS/PC + advanced statistics and tables. Hamburg：McGraw-Hill，1989

[21] 马克平，陈灵芝，于顺利等. 北京东灵山地区植物群落的基本类型. 见：陈灵芝，黄建辉主编. 暖温带森林生态系统结构与功能的研究. 北京：科学出版社，1997. 56～75

[22] Steele M A，Knowles T，Bridle K *et al*. Tannins and partial consumption of acorns：implications for dispersal of oaks by seed predators. Am. Midl. Nat.，1993，130：229～238

[23] Jones E W. Biological flora of the British Isles：*Quercus* L. J. Ecol.，1959，47（1）：169～222

[24] 王　巍，马克平，刘灿然. 北京东灵山落叶阔叶林中辽东栎种子雨. 植物学报，2000，42（2）：195～202

[25] Dixon M D，Johnson W C，Adkisson C S. Effects of weevil larvae on acorn use by blue jays. Oecologia，1997，111：201～208

[26] Horton J S，Wright J T. The wood rat as an ecological factor in southern California watersheds. Ecology，1944，25（3）：341～351

[27] Weckerly F W，Nicholson K E，Semlitsch R D. Experimental test of discrimination by squirrels for insect-infested and noninfested acorns. Am. Midl. Nat.，1989，122（2）：412～415

[28] Semel B, Andersen D C. Vulnerability of acorn weevils (Coleoptera: Curculionidae) and attractiveness of weevils and infested *Quercus alba* acorns to *Peromyscus leucopus* and *Blarina brevicauda*. Am. Midl. Nat., 1988, 119 (2): 385~393

Insect infestation and acorn fate in *Quercus liaotungensis*

YU Xiao-dong, ZHOU Hong-zhang*, LUO Tian-hong, HE Jun-jian, ZHANG Zhi-bin
(Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Insect infestation and its effects on acorn fate in *Quercus liaotungensis* was studied in Beijing in 1998~1999. The results showed that insect infestation influenced strongly acorn germination rate: insect-infested acorns exhibited a lower germination rate than that of noninfested ones. The infested acorns could not germinate or died eventually after germination. Seed parasitoids, two weevils, *Curculio dentipes* and *Curculio* sp., a tortricid moth, *Cydia kurokoi*, and an unnamed pyralid moth, developed within acorns from eggs to advanced larvae. These larvae penetrated the hard seed wall and came to hibernate under ground after acorns fell down. Of all acorns within a population, the penetrating time was not synchronized and ranged from 2 to 50 days. The infested rate of acorns was as high as 45.41%. Insect parasitism was shown to have an influence on acorn growth and development: the size-pattern of infested acorns was between that of noninfested mature ones and that of immature ones; infested acorns lost 16.05% of their fresh weight compared to those that developed normally. Based on this study, it is concluded that insect infestation decided to a great deal the fate of *Quercus liaotungensis* acorns and would strongly influence its regeneration.

Key words: *Quercus liaotungensis*; acorns; insect infestation; *Curculio dentipes*; *Cydia kurokoi*

* To whom correspondence should be addressed. E-mail: zhouhz@panda.ioz.ac.cn